

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-246674

(43)Date of publication of application : 12.09.2000

(51)Int.CI.

B25J 3/00

(21)Application number : 11-049402

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.02.1999

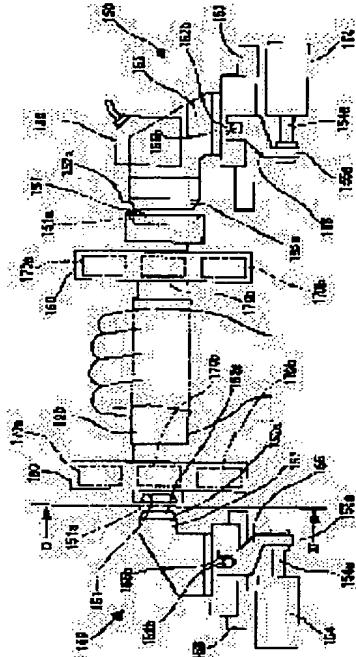
(72)Inventor : MARUYAMA SHIGEAKI

## (54) INNER FORCE SENSE PRESENTING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the applying of unnecessary load to an operator when inner force sense is not presented by interposing a clutch mechanism between an inner force sense presenting part and an inner force sense generating part, and disconnecting the clutch mechanism when the inner force sense is not presented, and always constantly maintaining the relative positional relation between the inner force sense preventing part and the inner force sense generating part.

**SOLUTION:** Both end surfaces of a grip 120 are formed with a clutch 150 for connecting and disconnecting the grip 120 to/from a robot. In the case where presentation of the inner force sense is not performed, the clutch 150 is opened so as to release the mechanical connection of the grip 120 to the robot. Change of position and posture of arms of an operator is converted to the signal as a change of relative position and posture between the grip 120 and the robot by radial direction displacement detecting sensors 170... and an axial direction detecting sensor 180, and the signal is sent to a central computing unit, and control is performed so that the grip 120 always maintains a nearly constant relation to a grip support part of the robot. With this structure, applying of the force and the friction resistance, which are generated from the mass of the robot, to the operator is eliminated.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The inner-force-sense presentation section with which an operator holds or equips The inner-force-sense generating section which gives the load according to operation of an operator etc. to the above-mentioned inner-force-sense presentation section The clutch mechanism which is inner-force-sense presentation equipment equipped with the above, and was inserted between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section. A detection means to detect the position and posture over the inner-force-sense generating section of the inner-force-sense presentation section, While having the control section which controls the above-mentioned inner-force-sense generating section based on the detection result by the above-mentioned detection means etc., making the above-mentioned clutch mechanism into an integrated state at the time of presentation of an inner force sense and making the above-mentioned clutch mechanism into an uncombined state at the time of un-showing [ of an inner force sense ] It is characterized by for the above-mentioned control section controlling the inner-force-sense generating section based on the detection result of the above-mentioned detection means at the time of un-showing [ of an inner force sense ], and always fixing relative-position relation between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section.

[Claim 2] The inner-force-sense presentation section side clutch element in the above-mentioned clutch mechanism and an inner-force-sense generating section side clutch element are inner-force-sense presentation equipment according to claim 1 characterized by preparing the taper section in the portion which is combined by concavo-convex fitting and fits in mutually [ the two above-mentioned clutch elements ].

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to new inner-force-sense presentation equipment. It is related with the technology of making it not give an operator an unnecessary load in detail at the time of un-showing [ of an inner force sense ].

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, there is inner-force-sense presentation equipment which gives the resistance received when the same feel and the same real object are operated with having touched the real object at the operator when an operator touched a virtual body within a virtual space or operated a virtual body, and the same resistance.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, if it was in conventional inner-force-sense presentation equipment, since the portion which an operator holds, or the portion with which it equips was combined with the inner-force-sense generating sections, such as a robot which always generates an inner force sense, when not performing inner-force-sense presentation and the operator was going to move the own arm etc., the operator sensed the mass (inertia) and frictional resistance of the inner-force-sense generating section, and there was a problem of producing sense of incongruity.

[0004] Although the method of miniaturizing the inner-force-sense generating section as much as possible, or reducing the frictional resistance of moving part is taken in order to avoid this, if it is this method, the performance of inner-force-sense presentation equipment will be influenced by the ratio (an output/size) of an actuator. Especially the actuator from which a satisfying (an output/size) ratio is obtained with arm type inner-force-sense presentation equipment with the need of showing the big force does not exist in the present condition.

[0005] Although there is also an example which mitigates the sense of incongruity to an operator by forming a force sensor as the other methods between the portions and the robot sections which an operator holds, and controlling a robot actively based on the signal, it is impossible to lose sense of incongruity completely because of the delay which surely exists in a control loop.

[0006] Moreover, the thing indicated by JP,8-257947,A and JP,9-109070,A Although sense of incongruity is not given since an operator is not restrained, since it is the method which the body model which gives an inner force sense is beforehand prepared [ method ] for the operator as a means to show an inner force sense, and makes it touched with an operator's finger etc. In case reaction force presentation from the body with which the configurations in a virtual space differ is performed, each body model which exists really must be prepared and there is a problem that equipment will be complicated.

[0007] Then, this invention makes it a technical problem to make it not give an operator an unnecessary load at the time of un-showing [ of an inner force sense ].

[0008]

[Means for Solving the Problem] In inner-force-sense presentation equipment equipped with the inner-force-sense presentation section with which an operator holds or equips in order that this invention inner-force-sense presentation equipment may solve the above-mentioned technical problem, and the inner-force-sense generating section which gives the load according to operation of an operator etc. to the above-mentioned inner-force-sense presentation section The clutch mechanism inserted between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section, and a detection means to detect the position and posture over the inner-force-sense generating section of the inner-force-sense presentation section, While having the control section which controls the above-mentioned inner-force-sense generating section based on the detection result by the above-mentioned detection means etc., making the above-mentioned clutch mechanism into an integrated state at the time of presentation of an inner force sense and making the above-mentioned clutch mechanism into an uncombined state at the time of un-showing [ of an inner force sense ] At the time of

un-showing [ of an inner force sense ], the above-mentioned control section controls the inner-force-sense generating section based on the detection result of the above-mentioned detection means, and relative-position relation between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section is always fixed.

[0009] Therefore, if it is in this invention inner-force-sense presentation equipment, since the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section are mechanically separated at the time of un-showing [ of an inner force sense ], this thing does not have an unnecessary load by an inertia force, frictional resistance, etc. of the inner-force-sense generating section to an operator.

[0010]

[Embodiments of the Invention] Below, the gestalt of operation of this invention inner-force-sense presentation equipment is explained with reference to an accompanying drawing. In addition, the gestalt of the illustrated operation grasps the grip whose operator is the inner-force-sense presentation section about this invention, and applies it to the equipment with which an operator receives inner-force-sense presentation through this grip.

[0011] The image of the inner-force-sense presentation equipment 10 whole is roughly shown in drawing 1.

[0012] Inner-force-sense presentation equipment 10 is equipped with the many bowls type robot 20 as the inner-force-sense generating section. A robot 20 has the 1st arm 30 and the 2nd arm 40. The end face section is supported by the upper limit of a pedestal 50 free [ rotation ], and rotates the 1st arm 30 horizontally by the motor 60. The 2nd arm 40 is supported by the rotation edge of the 1st arm 30 free [ rotation ], and is horizontally rotated to the 1st arm 30 by the motor 70.

[0013] The grip supporter 90 is supported by the rotation edge of the 2nd arm 40 free [ movement in the vertical direction ] through the ball spline 80. It is moved in the vertical direction by the motor 100, and is made to rotate the ball spline 80 to the 2nd arm 40 by the motor 110.

[0014] It considers as the rotatable to the ball spline 80 at the circumference of the X-axis, and the circumference of a Y-axis (refer to drawing 1), and rotates to the circumference of the X-axis by the motor 130, and the grip supporter 90 is rotated to the circumference of a Y-axis by the motor 140.

[0015] The composition of grip 120 periphery is shown in drawing 2.

[0016] Crevices 151 and 151 are formed in the ends side of a grip 120 as a clutch element which constitutes some clutches 150 for combining a grip 120 with a robot 20, or dissociating. Moreover, the square frames 160 and 160 are formed in the grip supporter 90 so that the both ends of a grip 120 may be surrounded, and the both ends of a grip 120 can be freely moved now by the state where it does not connect with a robot 20 with a clutch 150, within the limits of these frames 160 and 160.

[0017] in the above-mentioned frames 160 and 160, the edge of a grip 120 is surrounded from four directions, respectively -- as -- radial -- a variation rate -- the detection sensors 170 and 170 and ... are arranged. These radial displacement detection sensors 170 and 170 and ... are optical. As it consists of the floodlighting sections 170a and 170a which succeed in a pair, ... and light sensing portions 170b and 170b, and ... and is shown in drawing 3 It is arranged so that an optical axis with 2 sets of mutual hoop-direction detection sensors 170 and 170 may intersect perpendicularly in each frames 160 and 160, and the radial variation rate and radial inclination to the grip supporter 90 of robot 20 point of a grip 120 are detected by non-contact. Moreover, the shaft-orientations detection sensor 180 is formed in the position which countered one end face of the grip 120 of the grip supporter 90. This shaft-orientations detection sensor 180 is optical, and detects the variation rate of the shaft orientations of a grip 120 by non-contact.

[0018] It is supported free [ movement in the direction as for which the joint pins 152 and 152 which constitute a clutch 150 carry out a disjunction to the direct-acting guides 153 and 153 supported by the grip supporter 90 to the end faces 151 and 151 of a grip 120 ]. Let the portions 152a and 152a which countered the end face of the grip 120 of the joint pins 152 and 152 be the crevices 151 and 151 formed in the end face of a grip 120 as a clutch element, and the projected part in which concavo-convex fitting is possible. The above-mentioned joint pins 152 and 152 are moved by air cylinders 154 and 154. The notches 155b and 155b which the connection rods 155 and 155 were arranged between the above-mentioned joint pins 152 and 152 and air cylinders 154 and 154, and the end sections 155a and 155a were connected with the point of the pistons 154a and 154a of air cylinders 154 and 154, and were formed in the other end of the connection rods 155 and 155 are engaging with the connection pins 152b and 152b which protruded on the joint pins 152 and 152. Therefore, the joint pins 152 and 152 combine with the edge of a grip 120, or are separated by the drive of air cylinders 154 and 154. The joint pins 152 and 152 are moved in the direction close to a grip. Namely, projected part 152a, When 152a fits in with the crevices 120a and 120a of a grip 120, clutches 150 and 150 will be in an integrated state (state of ON),

and the grip 120 which is the inner-force-sense presentation section, and the robot 20 which is the inner-force-sense generating section are combined. Moreover, the joint pins 152 and 152 are moved in the direction estranged from a grip 120. By canceling fitting with the projected parts 152a and 152a and crevices 120a and 120a of a grip 120, it will be in the state (state of OFF) where clutches 150 and 150 opened, and a grip 120 and a robot 20 will be separated.

[0019] Moreover, in the state where the grip 120 was combined with clutches 150 and 150, a grip 120 is made impossible [ rotation potentia and movement ] to clutches 150 and 150.

[0020] Furthermore, 6 axial-tension sensor 190 is formed in the grip supporter 90 (refer to drawing 1), and when an operator operates by this 6 axial-tension sensor 190, the force applied in each shaft orientations (refer to drawing 1) of X, Y, and Z and the direction of the circumference of these shafts is detected.

[0021] A control-block view is shown in drawing 4.

[0022] the motor control section 210 by which a control section 200 controls a robot's 20 motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140, and radial -- a variation rate -- based on the signal from the detection sensors 170 and 170, ..., the shaft-orientations detection sensor 180, and 6 axial-tension sensor 190, and the signal about the phase of each motor from the motor control section 210, the position of an operator's 240 hand is computed or it consists of central operation part 220 which computes a suitable instruction value to motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140. Moreover, the terminal for outputting and inputting a visual sense, or the equipment and the signal which are displayed in acoustic sense is prepared in the central operation part 220 in the body in an external device 230, for example, a virtual space.

[0023] Below, operation of the above-mentioned inner-force-sense presentation equipment 10 is explained.

[0024] The operator 240 shall always grasp the grip 120.

[0025] First, the case where an inner force sense is not shown is explained. Here, when not showing an inner force sense, for example, when inner-force-sense presentation equipment 10 is applied to a virtual reality, it is the situation (a body is not reached yet) that an operator 240 is going to lengthen a hand and is going to touch the body, or the situation that an operator 240 moves a hand etc. regardless of a virtual body is pointed out in the direction of the virtual body in the virtual space which consisted of technique, such as CG (CG).

[0026] In this situation, it is in the state where the clutch 150 is open, namely, fitting with the projected parts 152a and 152a of the joint pins 152 and 152 and the crevices 151 and 151 of a grip 120 was canceled, and, as for the grip 120 and the robot 20, mechanical combination is solved.

[0027] An operator 240 can move an arm at arbitrary directions and speed, with the grip 120 held. the position of an operator's 240 arm, and a posture -- sometimes -- change of \*\*\* -- radial -- a variation rate -- it is signal-sized as the relative position of a grip 120 and a robot 20, and change of a posture by the detection sensors 170 and 170, ..., the shaft-orientations detection sensor 180, and is sent to the central operation part 220. In the central operation part 220, the signal about the phase of the motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140 from the motor control section 210 and the signal from the above-mentioned sensors 170, 170, ..., 180 are compounded, and the position to the robot 20 of an operator's 240 arm and a posture are computed. Moreover, to fit in the above-mentioned sensors 170 and 170, ..., the range with the suitable output signal of 180, by calculating the instruction value over motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140, and outputting to the motor control section 210, it controls so that a grip 120 can always maintain the physical relationship of abbreviation regularity to a robot's 20 grip supporter 90. Since in other words it follows, maintaining a spatial fixed distance which has a robot's 20 grip supporter 90 to the arbitrary movement of a grip 120, an operator 240 does not sense the force (inertia force) or frictional resistance which are generated from a robot's 20 mass.

[0028] it described above -- as -- the above-mentioned detection means, i.e., radial, -- a variation rate -- since the central operation part 220 always grasps the absolute position in the 3-dimensional space of a grip 120 by the detection sensors 170 and 170, ..., the shaft-orientations detection sensor 180, it is not necessary to form separately the sensor for [ of a grip 120 ] detecting a position absolutely

[0029] Below, the case where inner-force-sense presentation is performed is explained.

[0030] When performing inner-force-sense presentation, it will have been in the state, i.e., the state where the projected parts 152a and 152a of the joint pins 152 and 152 fitted into the crevices 151 and 151 of a grip 120, where the clutch 150 is combined.

[0031] If an operator 240 uses some bodies, such as his hand, or works on a virtual body within a virtual space using instruments, such as a stick According to physical properties, such as a skin friction coefficient of the virtual body defined beforehand, an elastic modulus, and mass, a reaction force vector and the instruction value to the motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140 corresponding to it are calculated by the central operation part 220. Motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140 are controlled through the motor control section 210, and an inner force sense is shown to an operator 240 through a grip 120. At this time,

with the virtual body in a virtual space, it is, when contacting in the case of a simple substance (for example, the thing which has a hand within a virtual space), and when contacting the body with which it exists in a virtual space in the case of the interaction of two or more bodies (for example, the stick grasped by hand within the virtual space), it may be.

[0032] Moreover, both the encoder signal of motors 60, 70, 100, 110, 130, and 140, and both [ one of the two or ] from 6 axial-tension sensor 190 are used for the feedback signal used in the case of inner-force-sense presentation. In this case, which signal is used will choose the direction where the processing result by which it judges by the central operation part 220, and an operator 240 succeeds in proper inner-force-sense presentation is computed.

[0033] ON/OFF of a clutch 150 is changed by the case where it does not show with the case where an inner force sense is shown.

[0034] the time of changing a clutch 150 from an OFF state to ON state -- radial -- a variation rate -- the detection sensor 170 and the shaft-orientations detection sensor 180 adjust so that the position of a robot's 20 grip supporter 90 to a grip 120, a posture, the position of the projected parts 152a and 152a of the joint pins [ specifically as opposed to the crevices 151 and 151 of a grip 120 ] 152 and 152, and a posture may become suitable In addition, since it is controlling so that a robot's 20 grip supporter 90 can always maintain fixed physical relationship to a grip 120 when changing the clutch 150 into the OFF state as described above, especially in a suitable case for "fixed physical relationship" here to make a clutch 150 ON state, the above-mentioned adjustment operation does not have the need. Moreover, in order to make joint operation easy in the field which contacts mutually [ the crevices 151 and 151 of a grip 120, and the projected parts 152a and 152a of the joint pins 152 and 152 ], the taper sections 151a and 151a, 152a', and 152a' are prepared, respectively, and the range of the above "suitable" is large by this.

[0035] In changing a clutch 150 from ON state to an OFF state, there are especially no restrictions.

[0036] Since an operator 240 and the inner-force-sense generating section (robot) 20 will be in the state where it has not joined together mechanically when not showing an inner force sense if it is in the above-mentioned inner-force-sense presentation equipment 10, an inertia force, frictional resistance, etc. which are generated from the mass of the inner-force-sense generating section 20 do not sense the sense of incongruity by the force which originally should not be shown, and, as for an operator 240, can move the body freely in space. Simultaneously, in case this designs inner-force-sense presentation equipment, the restrictions of it on design that equipment must be miniaturized are lost so that sense of incongruity may not be given to an operator, and it extends the flexibility on the design of inner-force-sense presentation equipment -- the equipment which presents sufficient inner force sense using an actuator available now can be manufactured.

[0037] Moreover, since reaction force presentation from the body in a virtual space cannot be performed through the body model which was prepared beforehand and which exists really but it can carry out by working on a direct-control person's body in the force when performing inner-force-sense presentation, the reaction force presentation from a body with arbitrary configurations is attained.

[0038] In addition, if it was in the inner-force-sense presentation equipment 10 shown in the above-mentioned gestalt of operation, although the operator was the thing of the type which grasps a grip As are shown in drawing 5 and it is shown in the thing of the type which fixes grip 120A to the point of an arm 241, and drawing 6 The point of an arm 241 is equipped with the cylinder-like electrode holder 250, and the thing of the type this electrode-holder 250 [ whose ] itself has the same function as the above-mentioned grip 120 etc. can be considered. Moreover, since a hand 242 will open when thing 120A shown in these drawing 5 or drawing 6 and 250 are used, it also becomes possible to use together with the above-mentioned grip 120.

[0039] Moreover, in the gestalt of the above-mentioned implementation, although the optical sensor was used for detection of the relative position between a grip and a robot's grip supporter, or a posture, you may be the oak and the contacted type sensor the \*\*\*\* capacity type non-contact type sensor which does not necessarily need to be optical, or whose force required for operation like a differential transformer is what does not give an operator sense of incongruity small.

[0040] Furthermore, in the gestalt of the above-mentioned implementation, although an air cylinder 154, the direct-acting guide 153, the joint pin 152, the connection rod 155, and the crevice 151 of a grip 120 have realized the clutch 150, if a clutch function is realizable, it will not be restricted to the above-mentioned thing. For example, if a solenoid, a motor, or voltage is impressed, it is possible to realize a clutch mechanism using the electroviscous fluid from which coefficient of viscosity changes.

[0041] Also to portions other than an arm, for example, other parts of the body like a finger or a foot, although what presents an inner force sense to an operator's arm was shown in the gestalt of the above-mentioned implementation further again, inner-force-sense presentation is possible with the same composition. Moreover, it is also possible to show the whole upper extremity an inner force sense

combining what [ what combined them ], for example, an arm, a finger, etc.

[0042] Moreover, in the gestalt of the above-mentioned implementation, although the object with which an operator moves an arm or touches a body in 3-dimensional space was shown, when an operator operates only within the inside of the flat surface which limits a dimension, for example, has been made two-dimensional, it thinks.

[0043] In addition, it passes over no the configurations or structures of each part which were shown in the above-mentioned gestalt of operation to what showed a mere example of the embodiment performed by facing carrying out this invention, and the technical range of this invention is not interpreted by these in limitation.

[0044]

[Effect of the Invention] So that clearly from the place indicated above this invention inner-force-sense presentation equipment The clutch mechanism which is inner-force-sense presentation equipment equipped with the inner-force-sense presentation section with which an operator holds or equips, and the inner-force-sense generating section which gives the load according to operation of an operator etc. to the above-mentioned inner-force-sense presentation section, and was inserted between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section. A detection means to detect the position and posture over the inner-force-sense generating section of the inner-force-sense presentation section, While having the control section which controls the above-mentioned inner-force-sense generating section based on the detection result by the above-mentioned detection means etc., making the above-mentioned clutch mechanism into an integrated state at the time of presentation of an inner force sense and making the above-mentioned clutch mechanism into an uncombined state at the time of un-showing [ of an inner force sense ] It is characterized by for the above-mentioned control section controlling the inner-force-sense generating section based on the detection result of the above-mentioned detection means at the time of un-showing [ of an inner force sense ], and always fixing relative-position relation between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section.

[0045] Therefore, if it is in this invention inner-force-sense presentation equipment, since the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section are mechanically separated at the time of un-showing [ of an inner force sense ], this thing does not have an unnecessary load by an inertia force, frictional resistance, etc. of the inner-force-sense generating section to an operator. Therefore, an operator does not sense sense of incongruity at the time of un-showing [ of an inner force sense ]. Therefore, the restrictions on design that equipment must be miniaturized are lost so that sense of incongruity may not be given to an operator, and the flexibility on the design of inner-force-sense presentation equipment -- the equipment which presents sufficient inner force sense using an actuator available now can be manufactured -- can be extended.

[0046] Moreover, since the relative-position relation between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section is always maintained at abbreviation regularity even if between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating sections is mechanically separated at the time of un-showing [ of an inner force sense ], a clutch being used as an uncombined state, it can go into the presentation state of an inner force sense easily from the state of an inner force sense where it does not show.

[0047] Furthermore, since the relative position and relative posture of the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section are detected by the detection means, the absolute position and posture of the inner-force-sense presentation section are computable by considering the position of the inner-force-sense generating section, and the information on a posture.

[0048] If it is in invention indicated by the claim 2, the inner-force-sense presentation section side clutch element in the above-mentioned clutch mechanism and an inner-force-sense generating section side clutch element are combined by concavo-convex fitting. Since the taper section was prepared in the portion which fits in mutually [ the two above-mentioned clutch elements ], when the relative-position relation between the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section lacks fitness a little (it may happen according to the delay of the flattery to the inner-force-sense presentation section of the inner-force-sense generating section etc.) But two clutch elements can be combined certainly.

[0049] Moreover, when two clutch elements are combined, the physical relationship of two clutch elements is always kept constant.

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

### [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] A drawing shows the gestalt of operation of this invention inner-force-sense presentation equipment, and this view is a perspective diagram showing the whole outline.

[Drawing 2] It is the side elevation showing the detail of the bond part of the inner-force-sense presentation section and the inner-force-sense generating section.

[Drawing 3] It is the III-III view view of drawing 2.

[Drawing 4] It is a control-block view.

[Drawing 5] It is the perspective diagram showing the modification of the inner-force-sense presentation section.

[Drawing 6] It is the perspective diagram showing another modification of the inner-force-sense presentation section.

### [Description of Notations]

10 [ -- A grip (inner-force-sense presentation section), 150 / -- A clutch (clutch mechanism), 151 / -- A crevice (inner-force-sense presentation section side clutch element) 151a / -- The taper section, 152a / -- A projected part (inner-force-sense generating section side clutch element) 152a' / -- The taper section, 170 / -- A radial displacement detection sensor (detection means), 180 / -- A shaft-orientations detection sensor (detection means), 200 ] -- Inner-force-sense presentation equipment, 20 -- An

---

[Translation done.]



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 操作者が保持し又は装着する力覚提示部と、操作者の動作等に応じた負荷を上記力覚提示部に与える力覚発生部とを備える力覚提示装置であって、力覚提示部と力覚発生部との間に介挿されたクラッチ機構と、力覚提示部の力覚発生部に対する位置及び姿勢を検知する検知手段と、上記検知手段による検知結果等に基づいて上記力覚発生部を制御する制御部とを備え、力覚の提示時に上記クラッチ機構を結合状態とし、力覚の非提示時に上記クラッチ機構を非結合状態と共に、力覚の非提示時には上記検知手段の検知結果に基づいて上記制御部が力覚発生部を制御して力覚提示部と力覚発生部との相対位置関係を常に一定にしておくようにしたことを特徴とする力覚提示装置。

【請求項2】 上記クラッチ機構における力覚提示部側クラッチ要素と力覚発生部側クラッチ要素とは凹凸嵌合により結合され、上記2つのクラッチ要素の互いに嵌合される部分にはテープ一部が設けられたことを特徴とする請求項1に記載の力覚提示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は新規な力覚提示装置に関する。詳しくは、力覚の非提示時に操作者に無用な負荷を与えないようにする技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】例えば、操作者が仮想空間内で仮想物体に触れたり仮想物体を操作したりしたときに、操作者に実物体に触れたと同様の感触や実物体を操作したときに受ける抵抗と同様の抵抗を与える力覚提示装置がある。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来の力覚提示装置にあっては、操作者が保持する部分又は装着する部分が常に力覚を発生するロボット等の力覚発生部と結合されているため、力覚提示を行わない際にも、操作者が自身の腕などを動かそうとすると、力覚発生部の質量（慣性）や摩擦抵抗を操作者が感じ、違和感を生じるという問題があった。

【0004】これを避けるためには、力覚発生部を極力小型化したり可動部の摩擦抵抗を低減する方法が採られるが、この方法だと、アクチュエータの（出力／サイズ）比により力覚提示装置の性能が左右されてしまう。特に、大きな力を提示する必要のある腕型の力覚提示装置で、満足のいく（出力／サイズ）比の得られるアクチュエータは現状では存在しない。

【0005】他の方法として、操作者が保持する部分とロボット部との間に力センサーを設け、その信号を元にロボットをアクティブに制御することにより操作者

への違和感を軽減する例もあるが、制御ループに必ず存在する遅れのために完全に違和感を無くすことは不可能である。

【0006】また、特開平8-257947や特開平9-109070に記載されたものは、操作者を拘束しないで違和感を与えることはないが、力覚を提示する手段として、操作者に力覚を与える物体モデルを予め用意しておき、それに操作者の指などを触れさせる方式であるので、仮想空間内の形状の異なる物体からの反力提示を行う際は、それぞれの実在する物体モデルを用意しなければならず、装置が複雑化してしまうという問題がある。

【0007】そこで、本発明は、力覚の非提示時に操作者に無用の負荷を与えることがないようにすることを課題とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明力覚提示装置は、上記した課題を解決するために、操作者が保持し又は装着する力覚提示部と、操作者の動作等に応じた負荷を上記力覚提示部に与える力覚発生部とを備える力覚提示装置において、力覚提示部と力覚発生部との間に介挿されたクラッチ機構と、力覚提示部の力覚発生部に対する位置及び姿勢を検知する検知手段と、上記検知手段による検知結果等に基づいて上記力覚発生部を制御する制御部とを備え、力覚の提示時に上記クラッチ機構を結合状態とし、力覚の非提示時に上記クラッチ機構を非結合状態と共に、力覚の非提示時には上記検知手段の検知結果に基づいて上記制御部が力覚発生部を制御して力覚提示部と力覚発生部との相対位置関係を常に一定にしておくようにしたものである。

【0009】従って、本発明力覚提示装置にあっては、力覚の非提示時には、力覚提示部と力覚発生部とが機械的に切り離されるので、操作者に力覚発生部の慣性力や摩擦抵抗等による無用の負荷がかかることがない。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下に、本発明力覚提示装置の実施の形態について添付図面を参照して説明する。なお、図示した実施の形態は、本発明を、操作者が力覚提示部であるグリップを握り、該グリップを介して操作者が力覚提示を受ける装置に適用したものである。

【0011】図1に力覚提示装置10全体のイメージを概略的に示す。

【0012】力覚提示装置10は力覚発生部として多機能型ロボット20を備える。ロボット20は第1のアーム30及び第2のアーム40を備える。第1のアーム30はその基端部が基台部50の上端に回動自在に支持され、モータ60によって水平方向に回動されるようになっている。第2のアーム40は第1のアーム30の回動端部に回動自在に支持され、モータ70によって第1のアーム30に対して水平方向に回動されるようになって

50

(3)

3

いる。

【0013】第2のアーム40の回動端部にはボールスライン80を介してグリップ支持部90が上下方向に移動自在に支持されている。ボールスライン80はモータ100によって上下方向に移動され、また、モータ110によって第2のアーム40に対して回転せしめられる。

【0014】グリップ支持部90はボールスライン80に対してX軸周り及びY軸周り(図1参照)に回動可能とされており、モータ130によってX軸周りに回転され、また、モータ140によってY軸周りに回転されるようになっている。

【0015】図2にグリップ120周辺部の構成を示す。

【0016】グリップ120の両端面にはグリップ120をロボット20に結合したり分離したりするためのクラッチ150の一部を構成するクラッチ要素として凹部151、151が形成されている。また、グリップ120の両端部を囲むように四角い枠160、160がグリップ支持部90に設けられており、グリップ120の両端部は、クラッチ150によってロボット20に連結されていない状態では、該枠160、160の範囲内で自由に動くことができるようになっている。

【0017】上記枠160、160にはグリップ120の端部をそれぞれ4方向から囲むように半径方向変位検出センサー170、170、…が配設されている。該半径方向変位検出センサー170、170、…は光学式のもので、対を為す投光部170a、170a、…と受光部170b、170b、…とで構成され、図3に示すように、各枠160、160において2組の周方向検出センサー170、170が互いの光軸が直交するように配置され、グリップ120のロボット20先端部のグリップ支持部90に対する半径方向の変位及び傾きを非接触で検出するものである。また、軸方向検出センサー180がグリップ支持部90のグリップ120の一方の端面に対向した位置に設けられる。該軸方向検出センサー180は、光学式のもので、グリップ120の軸方向の変位を非接触で検出するものである。

【0018】クラッチ150を構成する結合ピン152、152がグリップ支持部90に支持された直動ガイド153、153にグリップ120の端面151、151に対して離接する方向に移動自在に支持されている。結合ピン152、152のグリップ120の端面に対向した部分152a、152aはクラッチ要素としてグリップ120の端面に形成された凹部151、151と凹凸嵌合可能な突部とされている。上記結合ピン152、152はエアシリンダー154、154によって移動される。上記結合ピン152、152とエアシリンダー154、154との間には連結ロッド155、155が配設され、その一端部155a、155aがエアシリンダ

(3)

4

ー154、154のピストン154a、154aの先端部に連結され、また、連結ロッド155、155の他端部に形成された切欠155b、155bが結合ピン152、152に突設された連結ピン152b、152bに係合されている。従って、エアシリンダー154、154の駆動によって、結合ピン152、152がグリップ120の端部に結合したり分離されたりする。すなわち、結合ピン152、152がグリップに近接する方向に移動されてその突部152a、152aがグリップ120の凹部120a、120aと嵌合することによってクラッチ150、150が結合状態(ONの状態)となって力覚提示部であるグリップ120と力覚発生部であるロボット20とが結合され、また、結合ピン152、152がグリップ120から離間する方向に移動されて、その突部152a、152aとグリップ120の凹部120a、120aとの嵌合が解除されることによってクラッチ150、150が開いた状態(OFFの状態)となってグリップ120とロボット20とが分離される。

【0019】また、グリップ120がクラッチ150、150と結合された状態においては、グリップ120はクラッチ150、150に対して回転不能及び移動不能とされる。

【0020】さらに、グリップ支持部90には6軸力センサー190が設けられ(図1参照)、該6軸力センサー190によって、操作者が動作したときにX、Y、Zの各軸方向(図1参照)及びこれら軸周り方向にかかる力を検知するようになっている。

【0021】図4に制御ブロック図を示す。

【0022】制御部200は、ロボット20のモータ60、70、100、110、130及び140を制御するモータ制御部210と、半径方向変位検出センサー170、170、…、軸方向検出センサー180、6軸力センサー190からの信号及びモータ制御部210からの各モータの位相に関する信号をもとに、操作者240の手の位置を算出したり、モータ60、70、100、110、130及び140に対して適当な指令値を算出する中央演算部220とから構成される。また、中央演算部220には、外部装置230、例えば、仮想空間内の物体を視覚、あるいは聴覚的に表示する装置、と信号を入出力するための端子が設けられている。

【0023】以下に、上記力覚提示装置10の動作について説明する。

【0024】操作者240は常時グリップ120を把持しているものとする。

【0025】先ず、力覚の提示を行わない場合について説明する。ここで、力覚の提示を行わない場合とは、例えば、力覚提示装置10をバーチャルリアリティに応用したとき、CG(コンピュータグラフィックス)等の手法で構成された仮想空間内の仮想物体の方向に、操作者

(4)

5

240が手を伸ばしてその物体に触れようとする（まだ物体に到達していない）状況であり、あるいは、仮想物体とは関係なく操作者240が手などを動かす状況を指す。

【0026】この状況では、クラッチ150が開いており、すなわち、結合ピン152、152の突部152a、152aとグリップ120の凹部151、151との嵌合が解除された状態となっており、グリップ120とロボット20とは機械的結合が解かれている。

【0027】操作者240はグリップ120を保持したまま任意の方向、速度で腕を動かすことができる。操作者240の腕の位置、姿勢の時々刻々の変化は半径方向変位検出センサー170、170、・・・及び軸方向検出センサー180によりグリップ120とロボット20との相対的な位置、姿勢の変化として信号化されて中央演算部220に送られる。中央演算部220では、モータ制御部210からのモータ60、70、100、110、130及び140の位相に関する信号と上記センサー170、170、・・・、180からの信号とが合成され、操作者240の腕のロボット20に対しての位置、姿勢が算出される。また、上記センサー170、170、・・・及び180の出力信号が適當な範囲に収まるように、モータ60、70、100、110、130及び140に対する指令値を計算し、モータ制御部210に出力することにより、グリップ120がロボット20のグリップ支持部90に対して常に略一定の位置関係を保てるように制御する。言い換えると、グリップ120の任意の動きに対してロボット20のグリップ支持部90がある一定の空間的な距離を保ちながら追従するので、操作者240はロボット20の質量から発生する力（慣性力）や摩擦抵抗を感じることがない。

【0028】上記したように、上記検知手段、すなわち、半径方向変位検出センサー170、170、・・・及び軸方向検出センサー180によって中央演算部220はグリップ120の3次元空間における絶対位置を常に把握しているので、グリップ120の絶対位置を検知するためのセンサーを別個に設ける必要がない。

【0029】次ぎに、力覚提示を行う場合について説明する。

【0030】力覚提示を行うときは、クラッチ150が結合されている状態、すなわち、結合ピン152、152の突部152a、152aがグリップ120の凹部151、151に嵌合した状態となっている。

【0031】操作者240が自らの手などを体の一部を使ったり、あるいはスティックなどの器具を用いて仮想空間内で仮想物体に働きかけると、予め定義されたその仮想物体の表面摩擦係数、弾性率、質量などの物理的性質に応じて反力ベクトル及びそれに対応したモータ60、70、100、110、130及び140への指令値が中央演算部220にて計算され、モータ制御部210を

6

通してモータ60、70、100、110、130及び140を制御し、グリップ120を介して操作者240に力覚を提示する。この時、仮想空間内の仮想物体とは、単体の場合、例えば、仮想空間内で手があるものに接触するような場合もあるし、複数物体の相互作用の場合、例えば、仮想空間内で手で握っているスティックが仮想空間内に存在する物体に接触するような場合もあり得る。

【0032】また、力覚提示の際に用いるフィードバック信号は、モータ60、70、100、110、130及び140のエンコーダ信号及び6軸力センサー190からの信号の片方又は両方を用いる。この場合、どちらの信号を用いるかは中央演算部220で判断して操作者240に適正な力覚提示が為される処理結果が算出される方を選択することになる。

【0033】力覚を提示する場合と提示しない場合とでクラッチ150のON/OFFを切り替える。

【0034】クラッチ150をOFF状態からON状態に切り替える際は、半径方向変位検出センサー170及び軸方向検出センサー180により、グリップ120に対するロボット20のグリップ支持部90の位置、姿勢、具体的にはグリップ120の凹部151、151に対する結合ピン152、152の突部152a、152aの位置、姿勢が適當になるように調整を行う。なお、上記したように、クラッチ150をOFF状態にしている場合はロボット20のグリップ支持部90がグリップ120に対して常に一定の位置関係を保てるように制御しているので、ここでいう「一定の位置関係」がクラッチ150をON状態とするのに適當である場合には、特に上記した調整動作は必要がない。また、グリップ120の凹部151、151と結合ピン152、152の突部152a、152aの互いに接触する面には結合動作を容易にするために、それぞれテーパー部151a、151a、152a'、152a'を設けてあり、これによって、上記「適當」の範囲が広くなっている。

【0035】クラッチ150をON状態からOFF状態に切り替える場合には、特に制約はない。

【0036】上記した力覚提示装置10にあっては、力覚の提示を行わない場合には、操作者240と力覚発生部（ロボット）20とが機械的に結合していない状態となるので、操作者240は力覚発生部20の質量から発生する慣性力や摩擦抵抗など、本来提示されるべきでない力による違和感を感じることが無く、身体を空間内で自由に動かすことができる。このことは、同時に、力覚提示装置を設計する際に、操作者に違和感を与えることがないように装置を小型化しなければならないというような設計上の制約が無くなり、現在入手可能なアクチュエーターを用いて十分な力覚を提示する装置を製造することができる等、力覚提示装置の設計上の自由度を広げるものである。

(5)

7

【0037】また、力覚提示を行う場合、仮想空間内の物体からの反力提示を、予め用意された実在する物体モデルを介して行うのではなく、直接操作者の身体に力を働きかけることにより行うことができるので、任意の形状を持つ物体からの反力提示が可能になる。

【0038】なお、上記した実施の形態において示した力覚提示装置10にあっては、操作者がグリップを握るタイプのものであったが、図5に示すように、腕241の先端部にグリップ120Aを固定するタイプのものや、図6に示すように、腕241の先端部に円筒状のホルダー250を装着し、該ホルダー250そのものが上記グリップ120と同様の機能を持つようとするタイプのもの等が考えられる。また、これら図5や図6に示したもの120Aや250を用いると、手242があくことになるので、上記したグリップ120と併用することも可能となる。

【0039】また、上記実施の形態においては、グリップとロボットのグリップ支持部との間の相対的な位置や姿勢の検出に光学式のセンサーを用いたが、必ずしも光学式である必要はなく、例えば、静電容量型の非接触型センサー、あるいは差動トランスのような動作に必要な力が小さく操作者に違和感を与えないものであるなら、接触型のセンサーであっても構わない。

【0040】さらに、上記実施の形態においては、クラッチ150を、エアシリンダー154、直動ガイド153、結合ピン152、連結ロッド155及びグリップ120の凹部151によって実現しているが、クラッチ機能を実現できるものであれば、上記したものに限られるものではない。例えば、ソレノイド、モーター、又は電圧を印加すると粘性係数が変化する電気粘性流体等を用いてクラッチ機構を実現することが可能である。

【0041】さらにまた、上記実施の形態においては、操作者の腕に対して力覚を提示するものを示したが、腕以外の部分、例えば、指や脚のような身体の他の部位に対しても同様な構成で力覚提示が可能である。また、それらを組み合わせたもの、例えば、腕と指などを組み合わせて、上肢全体に力覚を提示することも可能である。

【0042】また、上記実施の形態においては、操作者が3次元空間内で腕を動かしたり物体に触れたりする物を示したが、次元を限定して、例えば、2次元としてある平面内に限って操作者が動作を行う場合も考えられる。

【0043】なお、上記した実施の形態において示した各部の形状乃至構造は、何れも本発明を実施するに際して行う具体化のほんの一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されることがあってはならないものである。

【0044】

【発明の効果】以上に記載したところから明らかのように、本発明力覚提示装置は、操作者が保持し又は装着す

8

る力覚提示部と、操作者の動作等に応じた負荷を上記力覚提示部に与える力覚発生部とを備える力覚提示装置であって、力覚提示部と力覚発生部との間に介挿されたクラッチ機構と、力覚提示部の力覚発生部に対する位置及び姿勢を検知する検知手段と、上記検知手段による検知結果等に基づいて上記力覚発生部を制御する制御部とを備え、力覚の提示時に上記クラッチ機構を結合状態とし、力覚の非提示時に上記クラッチ機構を非結合状態とすると共に、力覚の非提示時には上記検知手段の検知結果に基づいて上記制御部が力覚発生部を制御して力覚提示部と力覚発生部との相対位置関係を常に一定にしておくようにしたことを特徴とする。

【0045】従って、本発明力覚提示装置にあっては、力覚の非提示時には、力覚提示部と力覚発生部とが機械的に切り離されるので、操作者に力覚発生部の慣性力や摩擦抵抗等による無用の負荷がかかることがない。そのため、力覚の非提示時に操作者が違和感を感じることがない。そのため、操作者に違和感を与えることがないよう装置を小型化しなければならないというような設計上の制約が無くなり、現在入手可能なアクチュエーターを用いて十分な力覚を提示する装置を製造することができる等、力覚提示装置の設計上の自由度を広げることができる。

【0046】また、力覚の非提示時にクラッチが非結合状態とされて、力覚提示部と力覚発生部との間が機械的に分離されても、力覚提示部と力覚発生部との相対位置関係が常に略一定に保たれるので、力覚の非提示状態から力覚の提示状態へと容易に入ることができる。

【0047】さらに、検知手段により力覚提示部と力覚発生部との相対的な位置及び姿勢が検知されるため、力覚発生部の位置及び姿勢との情報を加味することにより力覚提示部の絶対位置及び姿勢を算出することができる。

【0048】請求項2に記載された発明にあっては、上記クラッチ機構における力覚提示部側クラッチ要素と力覚発生部側クラッチ要素とは凹凸嵌合により結合されるようにし、上記2つのクラッチ要素の互いに嵌合される部分にはテーパー部を設けたので、力覚提示部と力覚発生部との間の相対位置関係がやや適性を欠く場合（力覚発生部の力覚提示部に対する追従の遅れ等により起こりうる。）でも、2つのクラッチ要素を確実に結合させることができる。

【0049】また、2つのクラッチ要素が結合されたときに、2つのクラッチ要素の位置関係が常に一定に保たれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図面は本発明力覚提示装置の実施の形態を示すものであり、本図は全体の概要を示す斜視図である。

【図2】力覚提示部と力覚発生部との結合部の詳細を示す側面図である。

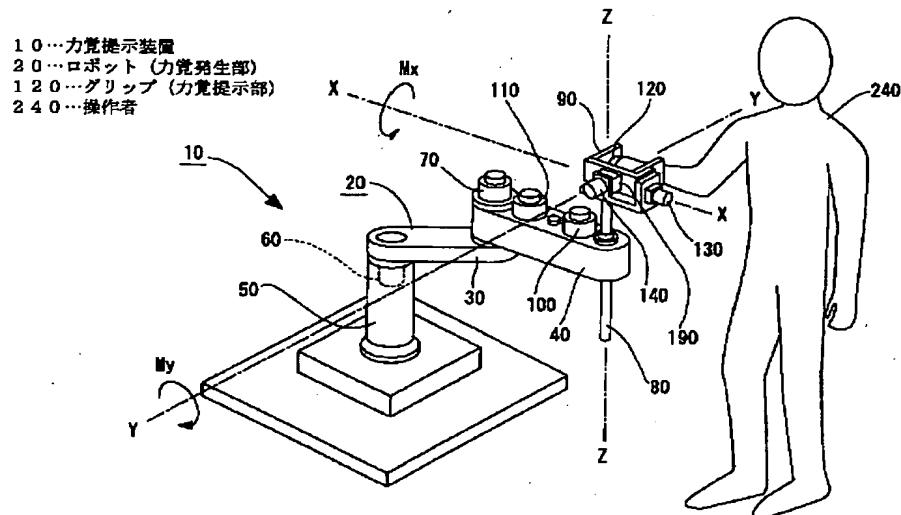
(6)

9  
 【図3】図2のI I I - I I I 矢視図である。  
 【図4】制御ブロック図である。  
 【図5】力覚提示部の変形例を示す斜視図である。  
 【図6】力覚提示部の別の変形例を示す斜視図である。  
 【符号の説明】  
 10…力覚提示装置、20…ロボット（力覚発生部）、  
 120…グリップ（力覚提示部）、150…クラッチ

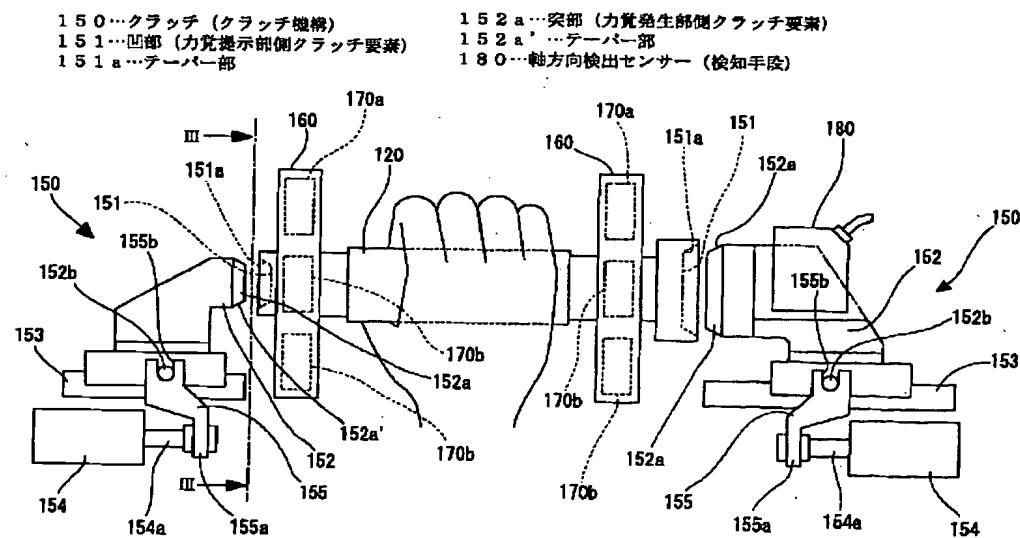
10

（クラッチ機構）、151…凹部（力覚提示部側クラッチ要素）、151a…テーパー部、152a…突部（力覚発生部側クラッチ要素）、152a'…テーパー部、170…半径方向変位検出センサー（検知手段）、180…軸方向検出センサー（検知手段）、200…制御部、240…操作者

【図1】



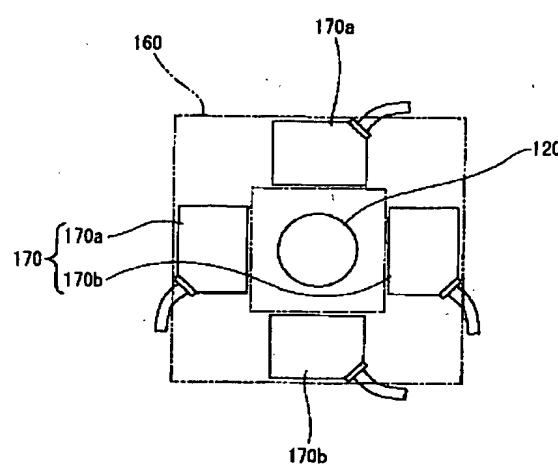
【図2】



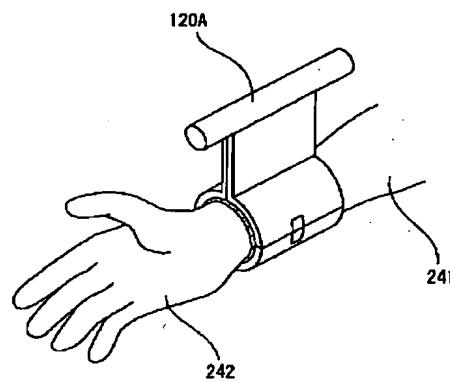
(7)

【図3】

120…グリップ（力覚提示部）  
170…半径方向変位検出センサー（検知手段）

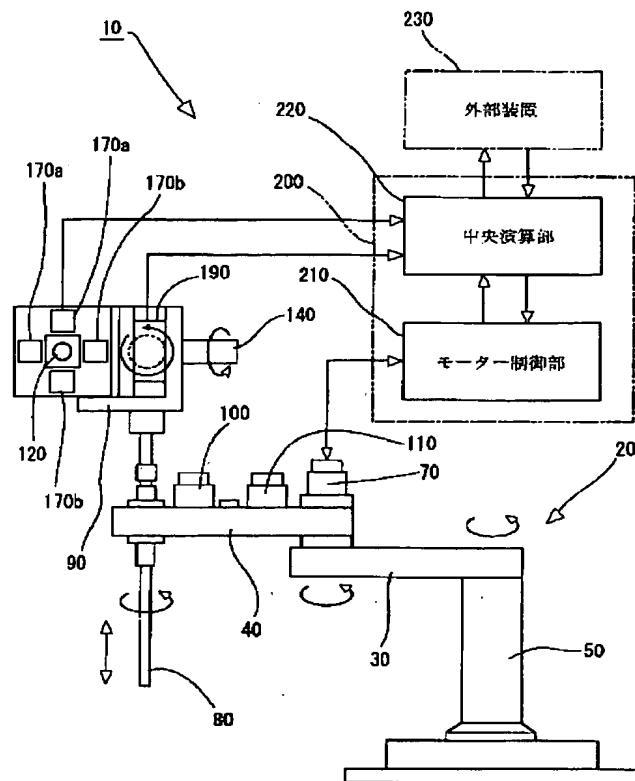


【図5】



【図4】

10…力覚提示装置  
20…ロボット（力覚発生部）  
120…グリップ（力覚提示部側クラッチ要素）  
200…制御部



【図6】

